



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07169026 A**(43) Date of publication of application: **04 . 07 . 95**

(51) Int. Cl

**G11B 5/39**(21) Application number: **06206311**(22) Date of filing: **31 . 08 . 94**(30) Priority: **15 . 10 . 93 US 93 139477**(71) Applicant: **INTERNATL BUSINESS MACH  
CORP <IBM>**(72) Inventor: **HEIM DAVID E  
PARKIN STUART S P**(54) **MAGNETIC RELUCTANCE SPIN VALUE SENSOR  
AND MAGNETIC RECORDING SYSTEM USING  
THIS SENSOR**

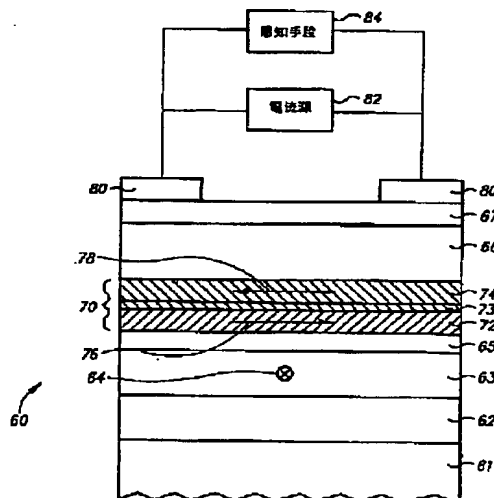
signal from the recorded medium.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To improve the sensitivity of a sensor by forming a fixed layer having a multilayered lamination structure.

CONSTITUTION: A Ta film of  $70\text{m}\mu$  is first formed as a buffer layer 62 on an Si substrate 61 by DC magnetron sputter adhesion at the time of producing the spin valve MR sensor 60. Next, a free ferromagnetic material layer 63 consisting of  $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$  of  $70\text{m}\mu$  is adhered thereto in the presence of an externally impressed magnetic field in such a manner that the magnetization direction heads an arrow 64 direction (toward the plane of Fig.). Next, a Cu layer 65 is adhered at  $27\text{m}\mu$  thickness on the Ni-Fe free layer 63. This Cu layer 65 functions as a non-ferromagnetic metallic spacer layer. Electric leads 80 for forming a circuit route between the MR sensor 60 and a current source 52 and a sensing means 84. The magnetic signal in the medium is detected by the sensing means 84 which detects the change  $\Delta R$  of the resistance value of the MR element at the time when the magnetization direction of the free ferromagnetic layer 63 rotates in responsive with the impressed magnetic



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-169026

(43) 公開日 平成7年(1995)7月4日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 1 1 B 5/39

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数46 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平6-206311

(22) 出願日 平成6年(1994)8月31日

(31) 優先権主張番号 08/139477

(32) 優先日 1993年10月15日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 デービッド・ユージン・ハイム

アメリカ合衆国94062 カリフォルニア州  
レッドウッド・シティ グランド・ストリート 502

(74) 代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

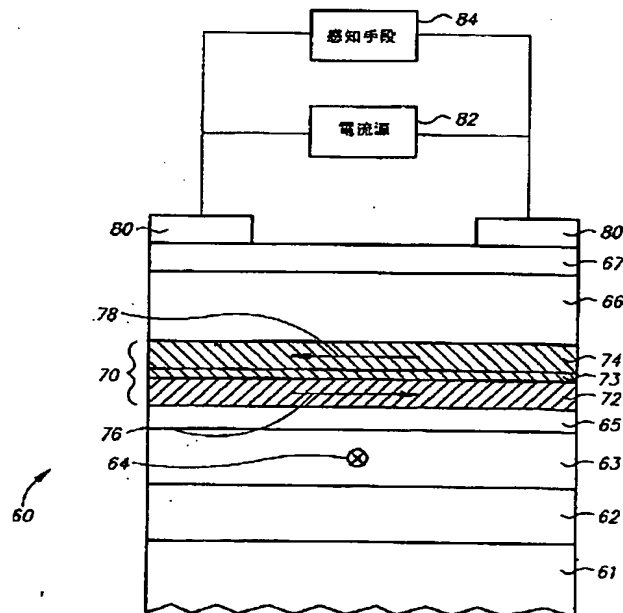
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗スピン・バルブ・センサおよびこのセンサを使用した磁気記録システム

(57) 【要約】

【目的】 自由強磁性体層の静磁気結合が最小となるよう改良された固定強磁性体層を有するスピン・バルブ磁気抵抗 (MR) センサ、及びそのセンサを用いた磁気記録システムを提供すること。

【構成】 本発明のスピン・バルブMRセンサは、固定強磁性体層として、従来単一層に代え、反強磁性的 (AF) 結合膜によって分離された少なくとも2つの強磁性体膜を有する多重積層を用いる。これらの膜を形成する材料の組合せに応じて、AF結合膜の厚さを適切に選択することにより、強磁性体膜はAF結合される。また、2つの強磁性体膜をほぼ同じ厚さにすることによって、2つの磁気モーメントは相互に反平行に整列するので、互いに打ち消し合う。その結果、自由強磁性体層に悪影響を及ぼす双極子磁界は存在しなくなり、よってセンサの感度が向上し、磁気記録システムにおける高い記録密度が達成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】非磁性体スペーサ層によって互いに分離された第 1 の強磁性体層および第 2 の強磁性体層を備え、印加磁界がゼロの時に、前記第 1 の強磁性体層の磁化方向が前記第 2 の強磁性体層の磁化方向に対してある角度を成し、前記第 2 の強磁性体層が、相互に反強磁性的に結合された第 1 および第 2 の強磁性体膜、ならびにこの 2 つの強磁性体膜を分離する反強磁性的に結合する膜を含み、

さらに第 2 の強磁性体層中の一方の強磁性体膜の磁化を 10 所望の方向に維持する手段を備えることを特徴とする、磁気抵抗センサ。

【請求項 2】第 2 の強磁性体層中の反強磁性的結合膜が基本的に Ru から構成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 3】Ru 膜の厚さが約 3 ～ 6 オングストロームの範囲であることを特徴とする、請求項 2 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 4】第 2 の強磁性体層中の第 1 および第 2 の強磁性体膜が基本的に Ni - Fe から構成されることを特徴とする、請求項 2 に記載の磁気抵抗センサ。 20

【請求項 5】第 2 の強磁性体層中の第 1 および第 2 の強磁性体膜が基本的に Fe から構成され、第 2 の強磁性体層中の反強磁性的結合膜が基本的に Cr から構成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 6】第 2 の強磁性体層中の第 1 および第 2 の強磁性体膜が、Co、Fe、Ni、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造され、第 2 の強磁性体層中の反強磁性的結合膜が、Ru、Cr、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、およびそれらの合金から 30 成る群から選択された材料で製造されることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 7】第 2 の強磁性体層の正味の磁気モーメントが基本的にゼロであることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 8】第 2 の強磁性体層中の第 1 および第 2 の強磁性体膜の厚さがほぼ同じであることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 9】第 2 の強磁性体層中のスペーサ層に隣接する強磁性体膜が他方の強磁性体膜より薄いことを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。 40

【請求項 10】磁界維持手段が、第 2 の強磁性体層中の 1 つの強磁性体膜に隣接しこれと接触する反強磁性体の交換バイアス層を備えることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 11】反強磁性体層が、鉄-マンガンとニッケル-マンガンから成る群から選択された材料を含むことを特徴とする、請求項 10 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 12】非磁性体スペーサ層が銀、金、銅、および銀、金、銅の合金から成る群から選択された材料を含 50

むことを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 13】基板と、  
基板上に形成された層状構造とを備え、  
この層状構造が、  
印加磁界が存在しない時に磁化容易軸を有する自由強磁性体層と、

自由強磁性体層に隣接する非磁性体スペーサ層と、  
スペーサ層に隣接し、自由強磁性体層の磁化容易軸に対してある角度を成す磁化容易軸を有する第 1 の固定強磁性体膜と、

第 1 の固定強磁性体膜に隣接する反強磁性的結合膜と、  
反強磁性的結合膜に隣接し、第 1 の固定強磁性体膜の磁化方向に全般的に反平行な磁化方向を有するように、第 1 の固定強磁性体膜に反強磁性的に結合された第 2 の固定強磁性体膜と、

第 2 の固定強磁性体膜に隣接しこれと接触する、第 2 の固定強磁性体膜における磁化方向を所望の方向に固定するための反強磁性体の交換バイアス層とを備えることを特徴とする、スピン・バルブ磁気抵抗センサ。

【請求項 14】第 1 の固定強磁性体膜と第 2 の固定強磁性体膜の間の反強磁性的結合膜が基本的に Ru から構成されることを特徴とする、請求項 13 に記載のスピン・バルブ磁気抵抗センサ。

【請求項 15】Ru 反強磁性的結合膜の厚さが約 3 ～ 6 オングストロームの範囲であることを特徴とする、請求項 14 に記載のスピン・バルブ磁気抵抗センサ。

【請求項 16】第 1 および第 2 の固定強磁性体膜が基本的に Ni - Fe から構成されることを特徴とする、請求項 14 に記載のスピン・バルブ磁気抵抗センサ。

【請求項 17】第 1 および第 2 の固定強磁性体膜が基本的に Fe から構成され、第 1 の固定強磁性体膜と第 2 の固定強磁性体膜の間の反強磁性的結合膜が基本的に Cr から構成されることを特徴とする、請求項 13 に記載のスピン・バルブ磁気抵抗センサ。

【請求項 18】第 1 および第 2 の固定強磁性体膜が、Co、Fe、Ni、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造され、反強磁性的結合膜が、Ru、Cr、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造されることを特徴とする、請求項 13 に記載のスピン・バルブ磁気抵抗センサ。

【請求項 19】第 1 の固定強磁性体と第 2 の固定強磁性体の厚さがほぼ同じであることを特徴とする、請求項 13 に記載のスピン・バルブ磁気抵抗センサ。

【請求項 20】反強磁性的に結合された第 1 および第 2 の固定強磁性体膜の正味の磁気モーメントが基本的にゼロであることを特徴とする、請求項 13 に記載のスピン・バルブ磁気抵抗センサ。

【請求項 21】交換バイアス層に隣接する第 2 の固定強

磁性体膜が第1の固定強磁性体膜より厚いことを特徴とする、請求項13に記載のスピンのバルブ磁気抵抗センサ。

【請求項22】反強磁性体の交換バイアス層が、鉄-マンガンおよびニッケル-マンガンから成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、請求項13に記載のスピンのバルブ磁気抵抗センサ。

【請求項23】自由強磁性体層と第1の固定強磁性体膜の間の非磁性体スペーサ層が、銀、金、銅、および銀、金、銅の合金から成る群から選択された材料を含むこと  
10 を特徴とする、請求項13に記載のスピンのバルブ磁気抵抗センサ。

【請求項24】第1の固定強磁性体膜がスペーサ層に隣接する薄いCo膜を含むことを特徴とする、請求項13に記載のスピンのバルブ磁気抵抗センサ。

【請求項25】データを記憶するための複数のトラックを有する磁気記憶媒体と、  
磁気抵抗センサを含み、磁気トランスデューサと磁気記憶媒体の間の相対運動中に磁気記憶媒体に近接した状態に維持される磁気トランスデューサと、  
20 磁気抵抗センサに結合された、磁気抵抗センサによって遮断された磁気記憶媒体中に記憶されているデータ・ビットを表す磁界に応答して、磁気抵抗の抵抗変化を検出する手段とを備え、  
磁気抵抗センサが、  
非磁性体のスペーサ層によって互いに分離された第1の強磁性体層および第2の強磁性体層を備え、印加磁界がゼロの時に、前記第1の強磁性体層の磁化方向が前記第2の強磁性体層の磁化方向に対してある角度を成し、前記第2の強磁性体層が相互に反強磁性的に結合された第1および第2の強磁性体膜、ならびにこの2つの強磁性体膜を分離する反強磁性的結合膜を含み、  
さらに第2の強磁性体層中の一方の強磁性体膜の磁化を所望の方向に維持する手段を備えることを特徴とする、  
磁気記憶システム。

【請求項26】第2の強磁性体層中の反強磁性的結合膜が基本的にRuから構成されることを特徴とする、請求項25に記載のシステム。

【請求項27】Ru反強磁性的結合膜の厚さが約3〜6オングストロームの範囲であることを特徴とする、請求  
40 項26に記載のシステム。

【請求項28】第2の強磁性体層中の第1および第2の強磁性体膜が基本的にNi-Feから構成されることを特徴とする、請求項25に記載のシステム。

【請求項29】第2の強磁性体層中の第1および第2の強磁性体膜が基本的にFeから構成され、第1の強磁性体膜と第2の強磁性体膜の間の反強磁性的結合膜が基本的にCrから構成されることを特徴とする、請求項25に記載のシステム。

【請求項30】第2の強磁性体層中の第1および第2の  
50

強磁性体膜が、Co、Fe、Ni、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造され、反強磁性的結合膜が、Ru、Cr、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造されることを特徴とする、請求項25に記載のシステム。

【請求項31】第2の強磁性体層中の第1および第2の強磁性体膜の厚さがほぼ同じであることを特徴とする、請求項25に記載のシステム。

【請求項32】反強磁性的に積層された第1の強磁性体膜および第2の強磁性体膜の正味の磁気モーメントが基本的にゼロであることを特徴とする、請求項25に記載のシステム。

【請求項33】自由強磁性体層とこれに隣接する固定強磁性体膜の間の非磁性体スペーサ層が、銀、金、銅、および銀、金、銅の合金から成る群から選択された材料を含むことを特徴とする、請求項25に記載のシステム。

【請求項34】第2の強磁性体層中の一方の強磁性体膜の磁化を所望の方向に維持する手段が、第2の強磁性体膜に隣接しこれと接触する反強磁性体の交換バイアス層を含み、反強磁性体層が、第2の強磁性体膜および反強磁性的に結合された第1の強磁性体膜中の磁化を所望の方向に維持するために、第2の強磁性体膜中にバイアス磁界を生成することを特徴とする、請求項25に記載のシステム。

【請求項35】反強磁性体の交換バイアス層が、鉄-マンガンおよびニッケル-マンガンから成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、請求項34に記載のシステム。

【請求項36】磁気記録ディスクと、  
ディスクに連結された、このディスクを回転させるためのモータと、  
ディスクに磁気記録されたデータを感知するためのスピンのバルブ磁気抵抗センサと、  
スピンのバルブ磁気抵抗センサをその上に取り付け基板を有し、そのセンサを支持するキャリアと、  
センサがディスク上のデータが磁氣的に記録されている様々な領域にアクセスできるように、キャリアをディスクを横切って全体的に半径方向に動かすためのアクチュエータと、  
40 キャリアをディスクの近くに維持するためにキャリアをアクチュエータへ連結する手段と、  
センサに電氣的に結合され、磁気記録済みディスクからセンサによって感知された磁界に  
50 応答してセンサの抵抗変化を検出する手段と、  
モータとアクチュエータを支持する手段とを備え、  
センサが、  
印加磁界が存在しない時に磁化容易軸を有する自由強磁性体層と、  
自由強磁性体層に隣接する非磁性スペーサ層と、

スペーサ層に隣接し、自由強磁性体層の磁化容易軸に対して全般的に垂直な磁化容易軸を有する第 1 の固定強磁性体膜と、

第 1 の固定強磁性体膜に隣接する反強磁性的結合膜と、反強磁性的結合膜に隣接し、第 1 の固定強磁性体膜の磁化方向に全般的に反平行な磁化方向を有するように、第 1 の固定強磁性体膜に反強磁性的に結合された第 2 の固定強磁性体膜と、

第 2 の固定強磁性体膜に隣接しこれと接触する、第 2 の固定強磁性体膜における磁化方向を所望の方向に固定するための反強磁性体の交換バイアス層とを備えることを特徴とする、磁気記録ディスク・ドライブ。

【請求項 37】 スピン・バルブ磁気抵抗センサ中の第 1 の固定強磁性体膜と第 2 の固定強磁性体膜の間の反強磁性的結合膜が基本的に Ru から構成されることを特徴とする、請求項 36 に記載のディスク・ドライブ。

【請求項 38】 Ru 反強磁性的結合膜の厚さが約 3～6 オングストロームの範囲であることを特徴とする、請求項 37 に記載のディスク・ドライブ。

【請求項 39】 スピン・バルブ磁気抵抗センサ中の第 1 および第 2 の固定強磁性体膜が基本的に Ni-Fe から構成されることを特徴とする、請求項 36 に記載のディスク・ドライブ。

【請求項 40】 第 1 および第 2 の固定強磁性体膜が基本的に Fe から構成され、第 1 の固定強磁性体膜と第 2 の固定強磁性体膜の間の反強磁性的結合膜が基本的に Cr から構成されることを特徴とする、請求項 36 に記載のディスク・ドライブ。

【請求項 41】 第 1 および第 2 の固定強磁性体膜が、Co、Fe、Ni、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造され、反強磁性的結合膜が、Ru、Cr、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造されることを特徴とする、請求項 36 に記載のディスク・ドライブ。

【請求項 42】 第 1 の固定強磁性体膜と第 2 の固定強磁性体膜の厚さがほぼ同じであることを特徴とする、請求項 36 に記載のディスク・ドライブ。

【請求項 43】 反強磁性的に結合された第 1 および第 2 の強磁性体膜の正味の磁気モーメントが基本的にゼロであることを特徴とする、請求項 36 に記載のディスク・ドライブ。

【請求項 44】 非磁性体スペーサ層が、銀、金、銅、および銀、金、および銅の合金から成る群から選択された材料を含むことを特徴とする、請求項 36 に記載のシステム。

【請求項 45】 第 1 の固定強磁性体膜が、スペーサ層に隣接する Co の薄膜を含むことを特徴とする、請求項 36 に記載のディスク・ドライブ。

【請求項 46】 反強磁性体の交換バイアス層が、鉄-マ

ンガンおよびニッケル-マンガンから成る群から選択された材料から成ることを特徴とする、請求項 36 に記載のディスク・ドライブ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、全般的に、スピン・バルブ効果に基づいて磁界を感知する磁気抵抗 (MR) センサに関するものであり、更に詳しくは、改良された固定強磁性体層を有するそのようなセンサ、およびそのようなセンサを組み込んだ磁気記録システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 MR センサは、磁性材料で製造された読取り素子によって感知される磁束の強さと方向の関数としての読取り素子の抵抗値変化を使って、磁界信号を検出する。IBM「Corsair」ディスク・ドライブに使用されているような従来の MR センサは、読取り素子の抵抗値の一成分が、読取り素子中の磁化と読取り素子を流れる感知電流の方向との間の角度の余弦の自乗として変化するという、異方性磁気抵抗 (AMR) 効果に基づいて動作する。記録されたデータは磁気媒体から読み出すことができる。というのは、記録された磁気媒体からの外部磁界 (信号磁界) が読取り素子中の磁化の方向を変化させ、それによって読取り素子の抵抗値が変化して、それに応じて感知される電流または電圧も変化するからである。

【0003】 巨大磁気抵抗 (GMR) と呼ばれる、それとは異なるより顕著な磁気抵抗が、各種の磁気多層構造において観察されている。その基本的特徴は、少なくとも 2 つの強磁性金属層が非強磁性金属層によって分離されていることである。この GMR 効果は、強磁性体層の強い反強磁性結合を示す Fe/Cr、Co/Cu、Co/Ru 多層などの様々な系、および 2 つの強磁性体層の一方における磁化配向が固定される、基本的に結合されていない層状構造で見出されている。その物理的起源はあらゆる種類の構造で同じであり、外部磁界を加えることによって付近の強磁性体層の相対的配向が変化することである。そうすると、伝導電子のスピンに依存する散乱が変化し、したがって構造の電気抵抗値が変化する。したがって、強磁性体層の磁化の相対的整列が変化することにつれて、構造の電気抵抗値が変化することになる。

【0004】 GMR の特に有用な応用例は、非磁性金属層によって分離された 2 つの結合されていない強磁性体層を備え、一方の強磁性体層の磁化が固定されているサンドイッチ構造である。この固定は、鉄-マンガン (Fe-Mn) 層上に非磁性金属層を付着して 2 つの層を交換結合することによって行うことができる。この結果として、固定されていない強磁性体層すなわち自由強磁性体層のみが外部磁界の存在下で自由に回転する、スピン・バルブ磁気抵抗 (SVMR) センサが得られる。米国

特許第 5206590 号は基本的なスピン・バルブ MR センサを開示している。米国特許第 5159513 号は、強磁性体層の少なくとも一方がコバルトまたはコバルト合金の層であり、固定された強磁性体層を反強磁性体層に交換結合することにより、外部から加えられる磁界がゼロの時に、2つの強磁性体層の磁化が相互にほぼ垂直に維持される、スピン・バルブ MR センサを開示している。

【0005】最も直線的な応答と最も広いダイナミック・レンジを有するスピン・バルブ MR センサは、固定された強磁性体層の磁化が信号磁界に平行であり、自由な強磁性体層の磁化が信号磁界に垂直である、スピン・バルブ MR センサである。スピン・バルブ MR センサを水平磁気記録ディスク・ドライブに使用する場合、センサの平面がディスク表面に垂直であり、固定層の磁化がディスク表面に垂直に配向し、自由層の磁化がディスク表面に平行に配向することを意味する。この磁化の配向を達成する際の 1つの困難は、固定層によって発生される双極子磁界によって引き起こされるものである。固定層は正味の磁気モーメントを持つので、基本的に、巨視的な双極子磁石として働き、その磁界が自由層に作用する。スピン・バルブ MR センサにおいては、読取り素子が比較的短い場合、この静磁気結合の結果、自由層中の磁化方向が均一でなくなる。このためにセンサの一部分が信号磁界の存在下で早く飽和し、それによってセンサのダイナミック・レンジが制限され、したがって磁気記録システムの記録密度および全体性能が制限される。

【0006】自由な強磁性体層との静磁気結合が最小である改良された固定強磁性体層を有するスピン・バルブ MR センサが求められている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、改良されたスピン・バルブ MR センサ、およびこのセンサを組み込んだ磁気記録システムを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】このセンサは従来の単一層の固定層の代わりに、多重膜を積層した固定された強磁性体層を使用する。積層固定層は、反強磁性的に (AF) 結合する薄い膜を横切って相互に反強磁性的に結合された、少なくとも 2つの強磁性体膜を有する。強磁性体結合膜と AF 結合膜に選択される材料の組合せに応じて AF 結合膜の厚さを適切に選択することによって、強磁性体膜は反強磁性的に結合される。好ましい実施例においては、固定層は、厚さ約 3~6 オングストロームの範囲のルテニウム (Ru) 膜によって分離されたニッケル-鉄 (Ni-Fe) の 2つの膜から形成される。固定強磁性体膜の磁気モーメントは相互に反平行に整列しているので、2つの強磁性体膜をほぼ同じ厚さにすることによって、2つのモーメントを相互にほぼ打ち消すことができる。その結果、自由強磁性体層に悪影響を及ぼす

双極子磁界が基本的に存在しなくなる。そのためセンサの感度が高くなり、磁気記録システムにおける記録密度を高くすることができる。

【0009】本発明の性質および利点をさらに十分に理解するために、添付の図面を参照して行う以下の詳細な説明を参照されたい。

【0010】

【実施例】本発明の MR センサを、図 1 に示すように、磁気ディスク記憶システムにおいて実施するものとして説明するが、本発明は磁気テープ記録システムなどの他の磁気記録システムや磁気抵抗素子がビット・セルとして機能する磁気ランダム・アクセス・メモリ・システムにも応用できる。

【0011】図 1 を参照すると、MR センサを用いる種類の従来技術のディスク・ドライブの概略断面図が示されている。ディスク・ドライブはベース 10 とカバー 11 を備える。ベース 10 にはディスク駆動モータ 12 とアクチュエータ 14 が取り付けられている。ベース 10 とカバー 11 はディスク・ドライブ用のほぼ密閉されたハウジングを構成する。通常は、ベース 10 とカバー 11 の間にガスケット 13 が設けられ、かつディスク・ドライブの内部と外部環境の間の圧力を等しくするための小さい呼吸孔 (図示せず) が設けられる。磁気記録ディスク 16 がハブ 18 によって駆動モータ 12 に連結される。磁気記録ディスクは駆動モータ 12 によって回転されるようにハブによって駆動モータに連結される。磁気記録ディスク 16 の表面上に薄い連続潤滑膜 50 が維持される。読取り/書込みヘッドすなわちトランスデューサ 25 が、エア・ベアリング・スライダ 20 などのキャリヤの後端部上に形成される。トランスデューサ 25 は誘導読取り/書込みトランスデューサでもよく、後で説明する種類の磁気抵抗 (MR) 読取りトランスデューサを有する誘導書込みトランスデューサでもよい。エア・ベアリング・スライダ 20 はたわまないアーム 22 およびサスペンション 24 によってアクチュエータ 14 に連結される。サスペンション 24 は、スライダ 20 を磁気記録ディスク 16 の表面上に押し付けるバイアス力を供給する。ディスク・ドライブの動作中は、駆動モータ 12 は磁気記録ディスク 16 を定速で回転させ、通常はリニヤ・ボイス・コイル・モータ (VCM) または回転ボイス・コイル・モータであるアクチュエータ 14 がエア・ベアリング・スライダ 20 を、一般に磁気記録ディスク 16 の表面を横切って半径方向に移動させて、読取り/書込みヘッドが磁気記録ディスク 16 上の様々なデータ・トラックにアクセスできるようにする。

【0012】図 2 は、カバー 11 を外したディスク・ドライブの内部の平面図であり、スライダ 20 を磁気記録ディスク 16 に向かって押し付ける力を供給するサスペンション 24 を詳細に示すものである。サスペンションは、米国特許第 4167765 号明細書に記載されてい

る周知のワトラス・サスペンションなど従来型のサスペンションでよい。この種のサスペンションは、スライダのジンバル式取り付けも行う。このジンバル式取り付けによって、スライダはエア・ベアリング上に乗って縦揺れと横揺れを行えるようになる。トランスデューサ25によって磁気記録ディスク16から検出されたデータは、アーム22上に位置する集積回路チップ15内の信号増幅／処理回路によって処理されてデータ読み戻し信号にされる。トランスデューサ25からの信号は可撓性ケーブル17を介して集積回路チップ15へ進む。この集積回路チップはその出力信号をケーブル19を介して送る。

【0013】典型的な磁気ディスク記憶システムについての上記の説明、および添付の図1と図2は説明のためのものにすぎない。ディスク記憶システムは多数のディスクとアクチュエータを含むことができ、各アクチュエータはいくつかのスライダを支持できることが明らかである。また、ヘッド・キャリヤは、エア・ベアリング・スライダの代わりに、液体ベアリングやその他の接触記録ディスク・ドライブにおけるような、ヘッドをディスクと接触する状態または接触に近い状態に維持するものでもよい。

【0014】次に図3を参照すると、従来のスピンのバルブMRセンサ30は、たとえば、ガラス、セラミック、半導体などの適当な基板31を有する。その基板上に緩衝層33と、第1の薄い軟強磁性体層35と、薄い非強磁性金属スペーサ層37と、第2の薄い強磁性体層39とが付着される。MRセンサ30は、図1および図2のディスク・ドライブ・システムにおけるトランスデューサ25の一部を構成してもよく、基板31はヘッド・キャリヤすなわちエア・ベアリング・スライダ20の後端部であってもよい。記録済み磁気媒体からの外部印加磁界が存在しないときは、2つの強磁性体層35、39は、それぞれ相互に矢印32、38で示すように、ある角度、好ましくは約90度の向きになる。強磁性体層35は、層35の上の破線矢印で示すように、外部印加磁界（図3に示す磁界 $h$ など）に応じてその磁化方向を自由に回転できるので、「自由」強磁性体層と呼ばれる。強磁性体層39は、矢印38で示すように、その磁化方向が好ましい配向に固定されているので、「固定」強磁性体層と呼ばれる。比較的高い電気抵抗値を有する交換バイアス物質の薄膜層41が強磁性体層39と直接接触して付着されて、交換結合によるバイアス磁界を提供する。したがって交換バイアス薄膜層41は強磁性体層の磁化を好ましい方向に固定して、信号磁界の範囲内にある強さを持つ外部磁界が印加されるとき、その強磁性体層の磁化方向を回転できないようにする。交換バイアス層41は通常、鉄-マンガン（Fe-Mn）やニッケル-マンガン（Ni-Mn）など、適当な反強磁性体である。あるいは、ハード・バイアス層（図示せず）を

用いて、あるいは当技術分野で知られている別の適当な方法によって、第2の強磁性体層39を固定することもできる。

【0015】図4は図3の構造の断面図であるが、矢印38で示すように、固定層39の磁化方向が紙面に含まれるように90度回転させてある。固定強磁性体層39は、その好ましい磁化のために、矢印38で示すように、正味の巨視的磁気モーメントを有する。その磁気モーメントに関連する磁界（磁力線36で示す）が自由強磁性体層35に作用を及ぼす。その強磁性体層35の磁化方向（紙面へ向かう矢印32）は固定層の磁化方向に対して約90度の角度を成す。固定強磁性体層39からのこの磁界によって自由強磁性体層35中の磁化が不均一になる。自由強磁性体層35はスピン・バルブMRセンサ中で比較的短いので、磁化が不均一であれば、磁気媒体からの外部印加信号磁界が存在するときセンサの一部分が早期に飽和されることがある。

【0016】本発明においては、単一層の固定強磁性体層の代わりに、薄い反強磁性AF結合膜によって分離された少なくとも2つの強磁性体膜を含む積層構造を用いる。2つの強磁性体膜の固定磁化が相互に反平行に配向するように、2つの強磁性体層は適切な種類および厚さのAF結合膜によって相互に反強磁性的に結合される。

【0017】本発明のスピンのバルブ構造の好ましい実施例を図5に概略的に示す。図5に示すスピン・バルブMRセンサ60を製造するため、まず直流マグネトロン・スパッタ付着により、70オングストロームのタンタル（Ta）膜をシリコン（Si）基板61上に緩衝層62として付着した。次に、磁化方向が矢印64の方向（図5の紙面へ向かう）となるように、外部印加磁界の存在下で、70オングストロームの $Ni_{81}Fe_{19}$ 自由強磁性体層63を付着した。次いで $Ni-Fe$ 自由層63上に銅（Cu）層65を27オングストロームの厚さに付着した。この銅層は非強磁性金属スペーサ層として機能する。この実施例においてはCuをスペーサ層として用いたが、銀（Ag）、金（Au）およびそれらの合金など、高い導電性を有する別の非強磁性金属材料も使用できる。図3に示した従来技術の構造における単一層の固定層39の代わりに用いられる固定強磁性体層70は、銅のスペーサ層65上に直接形成された厚さ30オングストロームの第1の $Ni_{81}Fe_{19}$ 膜72と、この第1の $Ni-Fe$ 膜72上に付着された厚さ5オングストロームのルテニウム（Ru）膜73と、このRu膜73上に形成された厚さ30オングストロームの第2の $Ni_{81}Fe_{19}$ 膜74とを含む多重積層構造である。2つの固定強磁性体膜72と74は、自由強磁性 $Ni-Fe$ 層63の付着中に印加される磁界から約90度回転した印加磁界の存在下で付着させた。次いで第2の $Ni-Fe$ 膜74上に厚さ90オングストロームの鉄-マンガン（Fe-Mn）膜66を付着して、第2の $Ni-Fe$ 膜

74と結合交換させた。最後に、Fe-Mn膜66上に厚さ25オングストロームのRuキャップ層67を形成した。その他の適当なキャップ材料は、タンタル(Ta)、ジルコニウム(Zr)、またはCuとAuの合金などの高抵抗材料である。

【0018】図5には、MRセンサを磁気記録システム中の感知回路に接続する手段も概略的に示されている。MRセンサと電流源82および感知手段84の間に回路経路を形成するための電気リード80が設けられる。当技術分野において周知のように、最適のMRセンサ応答回路を得るために、横方向バイアス層や縦方向バイアス層(図示せず)などの追加のセンサ素子が必要となることもある。好ましい実施例においては、記録済み媒体からの印加磁気信号にตอบสนองして自由強磁性体層63の磁化方向が回転するときの、MR素子の抵抗値の変化、 $\Delta R$ を検出する感知手段84によって媒体中の磁気信号を検出する。

【0019】積層固定層70中の2つのNi-Fe膜72、74の磁化方向をそれぞれ矢印76、78で示す。2つのNi-Fe膜72、74の磁化が反平行に整列するのは、RuのAF結合膜73を介する反強磁性交換結合によるものである。この反強磁性結合のため、および2つのNi-Fe膜72、74の厚さがほぼ同じであるために、各膜の磁気モーメントが互いに打ち消しあって、固定層70における正味の磁気モーメントが基本的になくなる。したがって、固定層70によって発生される双極子磁界が基本的にゼロとなり、したがって、自由強磁性体層63の磁化方向64に影響を及ぼす磁界が存在しない。

【0020】次に図6および図7を参照すると、飽和磁気抵抗値 $\Delta R/R$ (弱い磁界中の抵抗値の増加を高い磁気抵抗値で除したものと信号磁界の強さの関係を示すグラフが示されている。図6は単一層の固定層を有する従来のスピン・バルブMRセンサ(図3に示した種類のもの)についてのグラフであり、図7は図5を参照して説明した多重膜積層固定層をもつ構造についてのグラフである。図7は、多重膜積層固定層をもつ構造の保磁力(ヒステリシス曲線の幅)が従来のスピン・バルブ構造の保磁力より小さく、したがって本発明では一層弱い信号磁界が検出できることを示す。図7のデータに加えて、別々の磁化-信号磁界曲線が、積層固定層のモーメントが弱い磁界で減少することを示す。これは、この積層固定層が、反強磁性的に結合された2つの膜から構成されることを裏付けるものである。

【0021】図5に示した実施例においては、固定強磁性体層70は2つの反強磁性的に結合された膜72、74を含む。それらの層は単一のAF結合膜73によって分離される。固定層70はAF結合膜によって分離された多数の強磁性体膜を有することができる。

【0022】積層固定層70中の強磁性体膜72、74

およびAF結合膜73のために選択された材料に応じて、強磁性体膜が反強磁性的に強く結合されるようになる好ましいAF結合膜の厚さが存在する。好ましいNi-Fe/Ruの組合せの場合には、RuのAF結合膜の厚さを図8を参照して選択できる。図8は飽和磁界を厚さ30オングストロームのNi<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>/Ruの組合せに対するRuスペーサ層の厚さの関数として示したグラフである。この発振関係のピーク(図8にAFとして示す)は、2つのNi-Fe膜の反強磁性結合が発生して、2つのNi-Fe膜中の磁気モーメントが所望の反平行整列になる結果をもたらすような厚さである。図8に示すように、最大の反強磁性交換結合強度は約10オングストロームより薄い厚さで発生する。しかし、AF結合膜の厚さは、膜中で多数のピンホールが生ずるほど薄くしてはならない。多数のピンホールが膜中で生ずると、その反強磁性結合の強さに影響を及ぼす。したがって、Ruの場合には、好ましい厚さは約3~6オングストロームの範囲である。しかし、この材料の組合せでは、Ru-AF結合膜の厚さを別の値、たとえば約20オングストロームにすることもできるが、結合の強さはRuの厚さが10オングストロームより薄い場合よりも弱くなる。図8に示すものが典型的なものであるが、選択された材料の組合せの発振結合関係は、Phys. Rev. Lett., Vol. 64, p. 2034 (1990) 所載のパーキン(Parkin)等の論文に詳しく記述されている。

【0023】積層固定層70を構成する2つの強磁性体膜72、74の厚さが同じであるとする、理論的には固定層70の正味のモーメントはゼロになるはずである。というのは、各磁気モーメントが丁度打ち消し合うからである。各膜を正確に同じ厚さに形成することは可能ではないので、固定層70の正味の磁気モーメントは、正常な付着プロセスの当然の結果として、小さいがゼロではない値をとる傾向を持つ。しかし、固定強磁性体膜の一方を他方の膜より少しだけ故意に厚くして、固定層中に小さい非ゼロの正味磁気モーメントが存在するようにすることが望ましいこともある。こうすることによって、小さい外部磁界の存在下で固定層70の磁化が安定になり、固定層70の磁化方向が予測できるようになる。また、各固定強磁性膜72、74の厚さを制御することにより、Fe-Mn層66の交換バイアス磁界方向が制御できる。これはある種のMR構造において望ましいことがある。2つの膜72と74の正味の磁気モーメントは2つの膜のうち厚い方の膜の磁気モーメントに平行になり、したがって膜74の方が厚く形成されている場合、その磁化方向78は付着中の印加磁界に平行となる。Fe-Mn層が付着されると、その磁化方向は付着中の印加磁界に反平行となる。

【0024】スピン・バルブMRセンサ中の積層固定層を、強磁性体膜およびAF結合膜としてそれぞれ好まし



い材料Ni-FeおよびRuを使用した場合について示したが、他の材料の組合せ、たとえば鉄/クロム(Fe/Cr)や、他の強磁性材料(たとえばCo、Fe、Ni、およびそれらの合金、たとえばNi-Fe、Ni-Co、Fe-Co)と他のAF結合膜(たとえばRu、Cr、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、およびそれらの合金)との組合せも可能である。しかし、そのような材料の各組合せについて、Ni-Fe/Ruに対して図8に示したような、発振交換結合関係が知られていない場合、2つの強磁性体膜の間に反強磁性結合が確保されるようにAF結合膜の厚さを選択できるように、この関係を決定しなければならない。また、Cuスペーサ層65に隣接している固定強磁性体膜72は単一のNi-Fe層であるが、この固定層をNi-Fe層と、Cuスペーサ層65に隣接する薄いCo層との2層構造として形成することも可能である。同様に、自由強磁性体層63はスペーサ層65に隣接する薄いCo層を含むこともできる。それらのCo層はセンサの磁気抵抗値を高くするが、比較的「ハード」な磁気Co材料がセンサの透磁率に及ぼす影響を最小限に抑えるため、2~20オングストロームの範囲と比較的薄く維持される。

【0025】まとめとして、本明細書の構成に関して以下の事項を開示する。

【0026】(1) 非磁性体スペーサ層によって互いに分離された第1の強磁性体層および第2の強磁性体層を備え、印加磁界がゼロの時に、前記第1の強磁性体層の磁化方向が前記第2の強磁性体層の磁化方向に対してある角度を成し、前記第2の強磁性体層が、相互に反強磁性的に結合された第1および第2の強磁性体膜、ならびにこの2つの強磁性体膜を分離する反強磁性的に結合する膜を含み、さらに第2の強磁性体層中の一方の強磁性体膜の磁化を所望の方向に維持する手段を備えることを特徴とする、磁気抵抗センサ。

(2) 第2の強磁性体層中の反強磁性的結合膜が基本的にRuから構成されることを特徴とする、上記(1)に記載の磁気抵抗センサ。

(3) Ru膜の厚さが約3~6オングストロームの範囲であることを特徴とする、上記(2)に記載の磁気抵抗センサ。

(4) 第2の強磁性体層中の第1および第2の強磁性体膜が基本的にNi-Feから構成されることを特徴とする、上記(2)に記載の磁気抵抗センサ。

(5) 第2の強磁性体層中の第1および第2の強磁性体膜が基本的にFeから構成され、第2の強磁性体層中の反強磁性的結合膜が基本的にCrから構成されることを特徴とする、上記(1)に記載の磁気抵抗センサ。

(6) 第2の強磁性体層中の第1および第2の強磁性体膜が、Co、Fe、Ni、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造され、第2の強磁性体層中の反強磁性的結合膜が、Ru、Cr、ロジウム(R

h)、イリジウム(Ir)、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造されることを特徴とする、上記(1)に記載の磁気抵抗センサ。

(7) 第2の強磁性体層の正味の磁気モーメントが基本的にゼロであることを特徴とする、上記(1)に記載の磁気抵抗センサ。

(8) 第2の強磁性体層中の第1および第2の強磁性体膜の厚さがほぼ同じであることを特徴とする、上記(1)に記載の磁気抵抗センサ。

(9) 第2の強磁性体層中のスペーサ層に隣接する強磁性体膜が他方の強磁性体膜より薄いことを特徴とする、上記(1)に記載の磁気抵抗センサ。

(10) 磁界維持手段が、第2の強磁性体層中の1つの強磁性体膜に隣接しこれと接触する反強磁性体の交換バイアス層を備えることを特徴とする、上記(1)に記載の磁気抵抗センサ。

(11) 反強磁性体層が、鉄-マンガンとニッケル-マンガンから成る群から選択された材料を含むことを特徴とする、上記(10)に記載の磁気抵抗センサ。

(12) 非磁性体スペーサ層が銀、金、銅、および銀、金、銅の合金から成る群から選択された材料を含むことを特徴とする、上記(1)に記載の磁気抵抗センサ。

(13) 基板と、基板上に形成された層状構造とを備え、この層状構造が、印加磁界が存在しない時に磁化容易軸を有する自由強磁性体層と、自由強磁性体層に隣接する非磁性体スペーサ層と、スペーサ層に隣接し、自由強磁性体層の磁化容易軸に対してある角度を成す磁化容易軸を有する第1の固定強磁性体膜と、第1の固定強磁性体膜に隣接する反強磁性的結合膜と、反強磁性的結合膜に隣接し、第1の固定強磁性体膜の磁化方向に全般的に反平行な磁化方向を有するように、第1の固定強磁性体膜に反強磁性的に結合された第2の固定強磁性体膜と、第2の固定強磁性体膜に隣接しこれと接触する、第2の固定強磁性体膜における磁化方向を所望の方向に固定するための反強磁性体の交換バイアス層とを備えることを特徴とする、スピン・バルブ磁気抵抗センサ。

(14) 第1の固定強磁性体膜と第2の固定強磁性体膜の間の反強磁性的結合膜が基本的にRuから構成されることを特徴とする、上記(13)に記載のスピン・バルブ磁気抵抗センサ。

(15) Ru反強磁性的結合膜の厚さが約3~6オングストロームの範囲であることを特徴とする、上記(14)に記載のスピン・バルブ磁気抵抗センサ。

(16) 第1および第2の固定強磁性体膜が基本的にNi-Feから構成されることを特徴とする、上記(14)に記載のスピン・バルブ磁気抵抗センサ。

(17) 第1および第2の固定強磁性体膜が基本的にFeから構成され、第1の固定強磁性体膜と第2の固定強磁性体膜の間の反強磁性的結合膜が基本的にCrから構成されることを特徴とする、上記(13)に記載のスピン・バルブ磁気抵抗センサ。

ン・バルブ磁気抵抗センサ。

(18) 第1および第2の固定強磁性体膜が、Co、Fe、Ni、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造され、反強磁性的結合膜が、Ru、Cr、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造されることを特徴とする、上記(13)に記載のスピンのバルブ磁気抵抗センサ。

(19) 第1の固定強磁性体と第2の固定強磁性体の厚さがほぼ同じであることを特徴とする、上記(13)に記載のスピンのバルブ磁気抵抗センサ。

(20) 反強磁性的に結合された第1および第2の固定強磁性体膜の正味の磁気モーメントが基本的にゼロであることを特徴とする、上記(13)に記載のスピンのバルブ磁気抵抗センサ。

(21) 交換バイアス層に隣接する第2の固定強磁性体膜が第1の固定強磁性体膜より厚いことを特徴とする、上記(13)に記載のスピンのバルブ磁気抵抗センサ。

(22) 反強磁性体の交換バイアス層が、鉄-マンガンおよびニッケル-マンガンから成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、上記(13)に記載のスピンのバルブ磁気抵抗センサ。

(23) 自由強磁性体層と第1の固定強磁性体膜の間の非磁性体スペーサ層が、銀、金、銅、および銀、金、銅の合金から成る群から選択された材料を含むことを特徴とする、上記(13)に記載のスピンのバルブ磁気抵抗センサ。

(24) 第1の固定強磁性体膜がスペーサ層に隣接する薄いCo膜を含むことを特徴とする、上記(13)に記載のスピンのバルブ磁気抵抗センサ。

(25) データを記憶するための複数のトラックを有する磁気記憶媒体と、磁気抵抗センサを含み、磁気トランスデューサと磁気記憶媒体の間の相対運動中に磁気記憶媒体に近接した状態に維持される磁気トランスデューサと、磁気抵抗センサに結合された、磁気抵抗センサによって遮断された磁気記憶媒体中に記憶されているデータ・ビットを表す磁界にตอบสนองして、磁気抵抗の抵抗変化を検出する手段とを備え、磁気抵抗センサが、非磁性体のスペーサ層によって互いに分離された第1の強磁性体層および第2の強磁性体層を備え、印加磁界がゼロの時に、前記第1の強磁性体層の磁化方向が前記第2の強磁性体層の磁化方向に対してある角度を成し、前記第2の強磁性体層が相互に反強磁性的に結合された第1および第2の強磁性体膜、ならびにこの2つの強磁性体膜を分離する反強磁性的結合膜を含み、さらに第2の強磁性体層中の一方の強磁性体膜の磁化を所望の方向に維持する手段を備えることを特徴とする、磁気記憶システム。

(26) 第2の強磁性体層中の反強磁性的結合膜が基本的にRuから構成されることを特徴とする、上記(25)に記載のシステム。

(27) Ru反強磁性的結合膜の厚さが約3~6オングストロームの範囲であることを特徴とする、上記(26)に記載のシステム。

(28) 第2の強磁性体層中の第1および第2の強磁性体膜が基本的にNi-Feから構成されることを特徴とする、上記(25)に記載のシステム。

(29) 第2の強磁性体層中の第1および第2の強磁性体膜が基本的にFeから構成され、第1の強磁性体膜と第2の強磁性体膜の間の反強磁性的結合膜が基本的にCrから構成されることを特徴とする、上記(25)に記載のシステム。

(30) 第2の強磁性体層中の第1および第2の強磁性体膜が、Co、Fe、Ni、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造され、反強磁性的結合膜が、Ru、Cr、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造されることを特徴とする、上記(25)に記載のシステム。

(31) 第2の強磁性体層中の第1および第2の強磁性体膜の厚さがほぼ同じであることを特徴とする、上記(25)に記載のシステム。

(32) 反強磁性的に積層された第1の強磁性体膜および第2の強磁性体膜の正味の磁気モーメントが基本的にゼロであることを特徴とする、上記(25)に記載のシステム。

(33) 自由強磁性体層とこれに隣接する固定強磁性体膜の間の非磁性体スペーサ層が、銀、金、銅、および銀、金、銅の合金から成る群から選択された材料を含むことを特徴とする、上記(25)に記載のシステム。

(34) 第2の強磁性体層中の一方の強磁性体膜の磁化を所望の方向に維持する手段が、第2の強磁性体膜に隣接しこれと接触する反強磁性体の交換バイアス層を含み、反強磁性体層が、第2の強磁性体膜および反強磁性的に結合された第1の強磁性体膜中の磁化を所望の方向に維持するために、第2の強磁性体膜中にバイアス磁界を生成することを特徴とする、上記(25)に記載のシステム。

(35) 反強磁性体の交換バイアス層が、鉄-マンガンおよびニッケル-マンガンから成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、上記(34)に記載のシステム。

(36) 磁気記録ディスクと、ディスクに連結された、このディスクを回転させるためのモータと、ディスクに磁気記録されたデータを感知するためのスピンのバルブ磁気抵抗センサと、スピンのバルブ磁気抵抗センサをその上に取り付ける基板を有し、そのセンサを支持するキャリアと、センサがディスク上のデータが磁氣的に記録されている様々な領域にアクセスできるように、キャリアをディスクを横切って全体的に半径方向に動かすためのアクチュエータと、キャリアをディスクの近くに維持

するためにキャリアをアクチュエータへ連結する手段と、センサに電氣的に結合され、磁気記録済みディスクからセンサによって感知された磁界に応答してセンサの抵抗変化を検出する手段と、モータとアクチュエータを支持する手段とを備え、センサが、印加磁界が存在しない時に磁化容易軸を有する自由強磁性体層と、自由強磁性体層に隣接する非磁性スペーサ層と、スペーサ層に隣接し、自由強磁性体層の磁化容易軸に対して全般的に垂直な磁化容易軸を有する第1の固定強磁性体膜と、第1の固定強磁性体膜に隣接する反強磁性的結合膜と、反強磁性的結合膜に隣接し、第1の固定強磁性体層の磁化方向に全般的に反平行な磁化方向を有するように、第1の固定強磁性体膜に反強磁性的に結合された第2の固定強磁性体膜と、第2の固定強磁性体膜に隣接しこれと接触する、第2の固定強磁性体膜における磁化方向を所望の方向に固定するための反強磁性体の交換バイアス層とを備えることを特徴とする、磁気記録ディスク・ドライブ。

(37) スピン・バルブ磁気抵抗センサ中の第1の固定強磁性体膜と第2の固定強磁性体膜の間の反強磁性的結合膜が基本的にRuから構成されることを特徴とする、上記(36)に記載のディスク・ドライブ。

(38) Ru反強磁性的結合膜の厚さが約3～6オングストロームの範囲であることを特徴とする、上記(37)に記載のディスク・ドライブ。

(39) スピン・バルブ磁気抵抗センサ中の第1および第2の固定強磁性体膜が基本的にNi-Feから構成されることを特徴とする、上記(36)に記載のディスク・ドライブ。

(40) 第1および第2の固定強磁性体膜が基本的にFeから構成され、第1の固定強磁性体膜と第2の固定強磁性体膜の間の反強磁性的結合膜が基本的にCrから構成されることを特徴とする、上記(36)に記載のディスク・ドライブ。

(41) 第1および第2の固定強磁性体膜が、Co、Fe、Ni、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造され、反強磁性的結合膜が、Ru、Cr、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、およびそれらの合金から成る群から選択された材料で製造されることを特徴とする、上記(36)に記載のディスク・ドライブ。

(42) 第1の固定強磁性体膜と第2の固定強磁性体膜の厚さがほぼ同じであることを特徴とする、上記(36)に記載のディスク・ドライブ。

(43) 反強磁性的に結合された第1および第2の強磁性体膜の正味の磁気モーメントが基本的にゼロであることを特徴とする、上記(36)に記載のディスク・ドライブ。

(44) 非磁性体スペーサ層が、銀、金、銅、および銀、金、および銅の合金から成る群から選択された材料

を含むことを特徴とする、上記(36)に記載のシステム。

(45) 第1の固定強磁性体膜が、スペーサ層に隣接するCoの薄膜を含むことを特徴とする、上記(36)に記載のディスク・ドライブ。

(46) 反強磁性体の交換バイアス層が、鉄-マンガンおよびニッケル-マンガンから成る群から選択された材料から成ることを特徴とする、上記(36)に記載のディスク・ドライブ。

#### 【0027】

【発明の効果】スピン・バルブMRセンサにおいて、従来の単一層より成る固定強磁性体層に対し、改良された多重積層構造の固定層はその層で発生する双極子磁界はほぼゼロであり、自由強磁性体層に対する静磁気結合は最小となるので、よって、センサの感度が向上し、また、このセンサを用いた磁気記録システムにおいては、より高い記録密度が達成される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のスピン・バルブMRセンサに使用するための磁気記録ディスク・ドライブの簡略化したブロック図。

【図2】カバーを外した図1のディスク・ドライブの平面図。

【図3】従来のスピン・バルブMRセンサの分解斜視図。

【図4】図3のスピン・バルブMRセンサを90度回転した断面図。

【図5】本発明のスピン・バルブMRセンサの断面図。

【図6】従来のスピン・バルブMRセンサの飽和磁気抵抗値と信号磁界の強さの関係を示すグラフ。

【図7】本発明のスピン・バルブMRセンサの飽和磁気抵抗値と信号磁界の強さの関係を示すグラフ。

【図8】積層Ni-Fe/Ru/Ni-Fe構造の飽和磁界の強さとAF結合層の厚さの関係を示すグラフ。

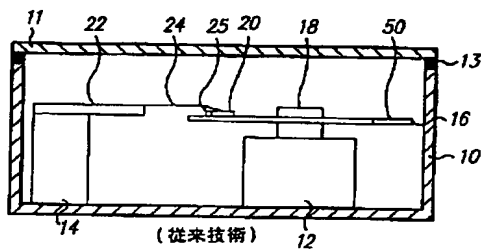
#### 【符号の説明】

- 10 ベース
- 11 カバー
- 12 ディスク駆動
- 13 ガスケット
- 14 アクチュエータ
- 15 集積回路チップ
- 16 磁気記録ディスク
- 17 ケーブル
- 18 ハブ
- 19 ケーブル
- 20 エア・ベアリング・スライダ
- 22 アーム
- 24 サスペンション
- 25 トランスデューサ
- 30 スピン・バルブMRセンサ

19

- 31 基板
- 33 緩衝層
- 35 軟強磁性体層
- 37 非強磁性金属スペーサ層
- 39 強磁性体層
- 41 交換バイアス薄膜層
- 50 潤滑膜
- 60 スピン・バルブMRセンサ
- 62 緩衝層
- 63 自由強磁性体層

【図1】

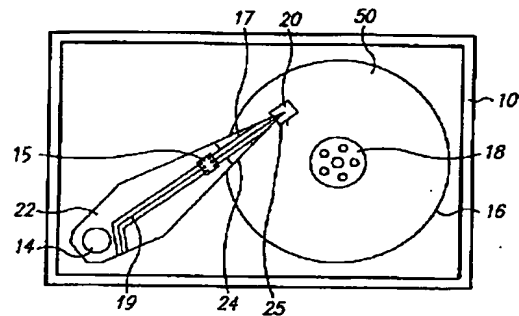


(従来技術)

20

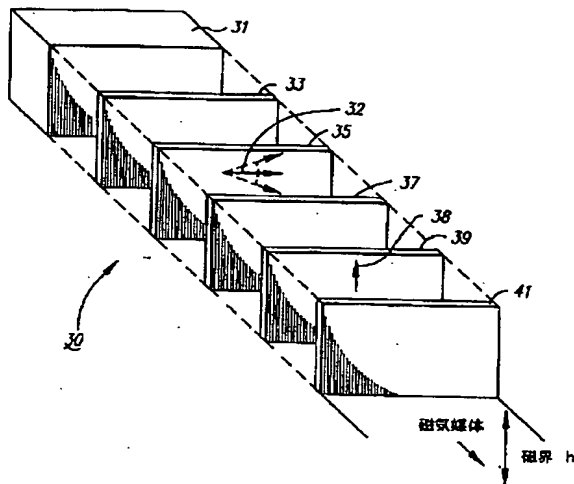
- \* 65 スペーサ層
- 66 Fe-Mn層
- 67 キャップ層
- 70 固定強磁性体層
- 72 Fe-Ni膜
- 73 Ru膜
- 74 Fe-Ni膜
- 80 電気リード
- 82 電流源
- \* 10 84 感知手段

【図2】



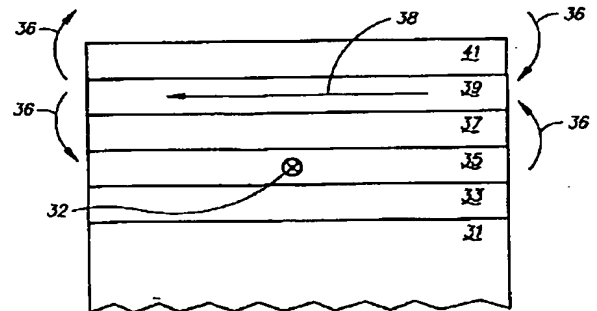
(従来技術)

【図3】



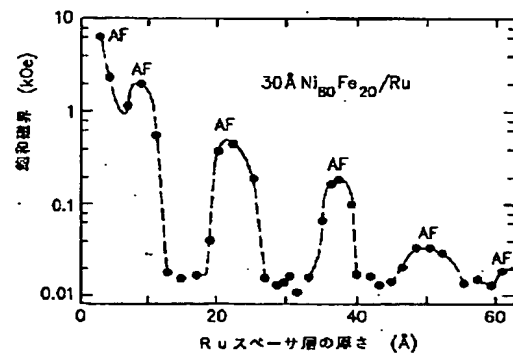
(従来技術)

【図4】

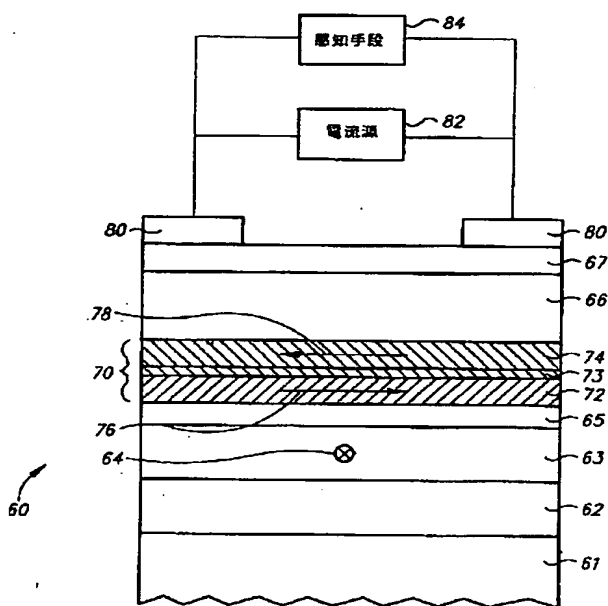


(従来技術)

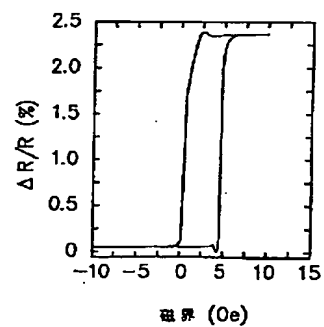
【図8】



【図 5】

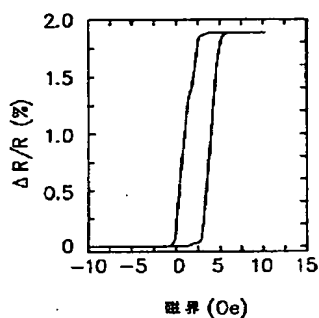


【図 6】



Si/Ta(70Å)/NiFe(70Å)/Cu(27Å)/NiFe(29Å)  
/MnFe(90Å)/Ru(25Å)

【図 7】



Si/Ta(70Å)/NiFe(70Å)/Cu(27Å)/NiFe(30Å)/Ru(5Å)  
/NiFe(30Å)/MnFe(90Å)/Ru(25Å)

フロントページの続き

(72)発明者 スチュアート・スチーヴン・パプワース・  
パーキン  
アメリカ合衆国95123 カリフォルニア州  
サンノゼ ロイヤル・オーク・コート  
6264